
DOI: <https://doi.org/10.15407/kvt188.02.075>

УДК 519.216.3-008.1+616.132.2-089

А.В. РУДЕНКО¹, д-р мед. наук, проф., член-корреспондент НАН Украины,
первый зам. директора
e-mail: info@rudenkoav.com.ua

Е.А. НАСТЕНКО^{1,2}, д-р биол. наук, канд. техн. наук,
старш. науч. сотр., зав. отд. информационных технологий
и математического моделирования физиологических процессов,
зав. кафедрой биомедицинской кибернетики
e-mail: nastenko@inbox.ru

О.А. ЖУРБА¹, кардиохирург отделения хирургического лечения
ишемической болезни сердца
e-mail: olegzhurba2009@yandex.ua

Е.К. НОСОВЕЦ², канд. техн. наук, старш. преподаватель
кафедры биомедицинской кибернетики
e-mail: e.nosovets@yandex.ua

Ю.В. ШАРДУКОВА¹, науч. сотр. отд. информационных технологий
и математического моделирования физиологических процессов
e-mail: julie_sea@mail.ru

В.В. ЛАЗОРИШИНЕЦ¹, д-р мед. наук, проф., директор
e-mail: lazorch@ukr.net

¹ Государственное учреждение «Национальный институт сердечно-сосудистой хирургии
им. Н.М. Амосова НАМН Украины», ул. Амосова, 6, г. Киев, 03110, Украина

² Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический
институт имени Игоря Сикорского», пр. Победы, 37, г. Киев, 03056, Украина

ОЦЕНКА ФАКТОРОВ РИСКА ПРИ ОПЕРАЦИЯХ АОРТО-КОРОНАРНОГО ШУНТИРОВАНИЯ НА РАБОТАЮЩЕМ СЕРДЦЕ

Проанализированы совокупность анамнестических и клинических показателей у группы из 1240 больных, которым было выполнено аортокоронарное шунтирование на работающем сердце. Среди них, 972 больным проведено вмешательство без поддержки, 178 с плановой и 90 с экстренной поддержкой искусственным кровообращением.

Использованы статистические методы анализа для выделения факторов, которые могут привести к ошибочным решениям относительно планового назначения и экстренного перехода на вспомогательное кровообращение. Проведенные исследования позволили оценить факторы риска применения вспомогательного искусственного кровообращения при плановых операциях АКШ на работающем сердце.

Разработаны прогностические модели, которые могут быть использованы при

© А.В. РУДЕНКО, Е.А. НАСТЕНКО, О.А. ЖУРБА и другие, 2017

ISSN 2519-2205 (Online), ISSN 0454-9910 (Print). Киб. и выч. техн. 2017. № 2 (188)

75

создании системы поддержки принятия решений для минимизации риска экстренного применения вспомогательного кровообращения.

Ключевые слова: *аортокоронарное шунтирование на работающем сердце, вспомогательное искусственное кровообращение, алгоритмы прогнозирования.*

ВВЕДЕНИЕ

В ГУ «Национальный институт сердечно-сосудистой хирургии им. Н.М. Амосова» ежегодно выполняется около 1000 операций аорто-коронарного шунтирования (АКШ). Около 97% из них проводится на работающем сердце.

Применение технологии АКШ на работающем сердце у некоторых групп больных может иметь серьезные ограничения [1]. Вследствие этого, плановые операции могут выполняться как без, так и с поддержкой искусственным кровообращением. Своевременное подключение искусственного кровообращения с целью поддержания высокого коронарного перфузионного давления позволяет снизить использование энергии миокардом. Декомпрессия левого желудочка сердца во время АКШ уменьшает повреждение миокарда и улучшает функциональный результат, снижая напряжение стенки левого желудочка и потребление кислорода. Желудочковая декомпрессия снижает метаболическое использование энергии на 60% [2].

Операция в условиях параллельного искусственного кровообращения позволяет избежать интраоперационной глобальной ишемии миокарда, снизить частоту других послеоперационных осложнений и летальность [3, 4]. У этих больных наблюдается наибольший положительный эффект вследствие отсутствия кардиopleгии, а также ослабление системного воспалительного ответа и степени гемолиза.

Наиболее подходящим является применение данного оперативного вмешательства на работающем сердце с применением вспомогательного кровообращения у больных высокого риска: с низкой фракцией выброса, острым инфарктом миокарда или нестабильной стенокардией, а также декомпенсацией хронической сердечной недостаточности [5, 6]. Некоторые авторы рекомендуют использовать плановое искусственное кровообращение в первую очередь у пациентов с нестабильной гемодинамикой [7].

Занижение показаний к применению последнего приводит к экстренному подключению аппарата искусственного кровообращения, что увеличивает вероятность возникновения осложнений, тяжести течения послеоперационного периода, увеличению объема и стоимости лечебных мероприятий. Частота возникновения таких ситуаций при плановом АКШ на работающем сердце составляет около 2,5%–3%.

Существует множество факторов, которые приводят к назначению искусственного кровообращения при АКШ. Часть из них поддаются медикаментозной терапии при подготовке пациента к вмешательству, что приводит к тому, что при статистической обработке массивов клинических данных возникают «парадоксальные» результаты — известные врачам факторы риска назначения искусственного кровообращения не подтверждаются. Кроме того, ряд факторов риска экстренного применения вспомогательного искусственного кровообращения могут в недостаточной мере учиты-

ваться применяемым протоколом дооперационного ведения больных. Выявление этих факторов является актуальной задачей, поскольку облегчает коррекцию и совершенствование протокола ведения больных.

Цель — статистический анализ факторов риска при плановых операциях АКШ на работающем сердце по применению планового вспомогательного искусственного кровообращения и оценка вероятности экстренного его применения.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Клиническим материалом исследования были данные обследования 972 больных с АКШ на работающем сердце без поддержки, 178 больных с плановой поддержкой искусственным кровообращением и 90 больных, которым проведен экстренный переход на искусственное кровообращение.

Проанализированы 67 анамнестических и клинических показателей больных на разных этапах хирургического лечения. Большая часть показателей представляла собой качественные данные, которые характеризуют наличие либо отсутствие некоторых признаков. Рассматривались следующие варианты качественных данных — номинальные (пол, характер инфаркта миокарда, тип коронарного кровообращения и др.) и порядковые (хроническая недостаточность кровообращения, функциональный класс и др.).

Как известно, большинство статистических методов применимо только к порядковым переменным. Однако с медицинской точки зрения, прогностически ценными могут быть и признаки, которые по теории статистики признаются номинальными (например, пол, тип кровообращения и др.). Анализ таких переменных потребовал их предварительного преобразования и приведения к бинарной шкале. Например, переменная «характер инфаркта миокарда» имела пять категорий, из которых одна отвечала за отсутствие данного сопутствующего диагноза у пациента, а остальные четыре — за тип диагностированного инфаркта миокарда. Путем преобразования данной переменной было образовано четыре новых переменных, в каждой из которых код 0 отвечал за отсутствие этого фактора, а 1 — один из исследуемых типов характера инфаркта миокарда. Аналогичные преобразования были проведены при расчете отношения шансов для порядковых переменных.

В случае переменной «пол» принято во внимание физиологическое отличие анатомии сосудистой системы у мужчин и женщин, что с точки зрения кардиохирургии повышает риск нежелательных осложнений у лиц женского пола. В соответствии с этим, данная переменная рассматривалась как бинарная, где 0 закодирован мужской пол, а 1 — женский, как фактор, который делает более вероятным возникновение необходимости как в плановом, так и экстренном искусственном кровообращении.

Рассмотрены два отдельных случая — применение планового и применение экстренного искусственного кровообращения. Переменные, отвечающие за наступление данных событий, представляли собой бинарные переменные, где 0 закодировано проведение АКШ на работающем сердце без искусственного кровообращения, а 1 — с искусственным кровообращением.

Статистическая обработка данных осуществлялась с помощью пакета для статистической обработки данных IBM SPSS Statistics 21.0.

Отбор прогностически ценных признаков, которые в дальнейшем рассматривались как факторы риска назначения искусственного кровообращения, производились путем расчета отношения шансов [9]. Известно, что данный метод представляет собой анализ соотношения вероятностей применения вспомогательного искусственного кровообращения во время операции при положительном и отрицательном значении изучаемого фактора. Под шансами понимается отношение вероятности того, что событие произойдет, к вероятности того, что событие не произойдет.

Произведен расчет отношения шансов и доверительного интервала (95% ДИ) для следующих случаев: независимая переменная представляет собой бинарную переменную; независимая переменная представляет собой порядковую переменную; независимая переменная представляет собой количественную переменную.

В первых двух случаях произведен расчет отношения шансов и 95% ДИ для бинарных переменных (для порядковых переменных каждая из категорий, которую принимает признак, сравнивалась с его полным отсутствием). Для количественных переменных использована оценка Мантеля-Хензеля [10], которая представляет собой скорректированное отношение шансов и позволяет получить оценку значимости признака для подобного типа данных.

Построение математических моделей произведено с помощью бинарной логистической регрессии [8], которая имеет вид:

$$P = \frac{1}{1 + \exp(-y)}, \quad (1)$$

где P — вероятность наступления прогнозируемого события (плановое или экстренное применение вспомогательного искусственного кровообращения), а

$$y = a_n x_n + a_{n-1} x_{n-1} + \dots + a_0 \quad (2)$$

— величина, которая интегрально характеризует степень влияния прогностически значимых факторов x_1, \dots, x_n на вероятность P возникновения прогнозируемого события.

Коэффициенты a_1, \dots, a_n , фигурирующие в (2), определялись по обучающей выборке наблюдений с известными исходами, а прогностическая значимость построенной логистической регрессии (1) — по независимой проверочной выборке.

Использованы несколько подходов для построения модели (1): пошаговое включение с перебором всех показателей, принудительное включение только тех показателей, которые были определены как факторы риска, пошаговое включение показателей, которые были определены как факторы риска.

Каждая полученная модель была оценена по показателям чувствительности, специфичности и точности (общему проценту правильно предска-

занных событий). Обучающая выборка включала 80% всех наблюдений, а экзаменационная — 20% остальных наблюдений, причем разделение на выборки производилось случайным образом.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе исследований на основе расчета отношения шансов был проведен отбор факторов риска для назначения планового (табл. 1) и экстренного (табл. 2) вспомогательного искусственного кровообращения.

Следует отметить, что подавляющее большинство показателей, приведенных в табл. 1 и 2, при плановом и при экстренном назначении искусственного кровообращения совпадали, что может свидетельствовать о значительном влиянии субъективного фактора на принятие решений относительно применения вспомогательного ИК.

Анализ результатов, приведенных в табл. 1, не подтвердил прогностическую ценность пола больного и применения пациентами статинов (прием которых отображает тяжесть состояния больного). Однако высокая значимость данных признаков при анализе факторов риска назначения экстренного искусственного кровообращения (табл. 2) может свидетельствовать о том, что они недооцениваются при принятии решений относительно планового применения искусственного кровообращения.

Среди важных прогностических факторов риска, подтвержденных при анализе планового вспомогательного искусственного кровообращения, следует выделить наличие у пациента хронических заболеваний легких, гипертонической болезни разной тяжести, одышки как в покое, так и при нагрузке и время после инфаркта миокарда (табл. 1). При отборе факторов риска для назначения экстренного вспомогательного искусственного кровообращения не была подтверждена ценность наличия у пациента одышки в покое, язвенной болезни, умеренной митральной недостаточности, а также смешанного типа коронарного кровообращения (табл. 2). В остальном, структура факторов была схожа с приведенной в табл. 1.

Из приведенных таблиц видно, что наибольший рост отношения шансов как при плановом, так и при экстренном применении вспомогательного искусственного кровообращения наблюдался для функциональных классов хронической сердечной недостаточности по NYHA и по Стражеско, табл. 2. Этот факт еще раз подтверждает, что указанные показатели являются высоко информативными для принятия решений относительно тактики оперативного вмешательства, поскольку интегрально отражают влияние других факторов.

При кажущейся очевидной значимости проанализированных выше показателей следует учитывать, что большая часть из них имеет обратную связь с применением вспомогательного искусственного кровообращения. Это может свидетельствовать о том, что протокол дооперационной подготовки больных в конкретном лечебном подразделении по-разному компенсирует безусловные факторы риска, которые могут быть причиной развития осложнений. Например, смертность при операциях АКШ на работающем сердце у больных с сахарным диабетом равна нулю. Это говорит о том, что указанный фактор эффективно компенсируется технологией лече-

Таблица 1. Структура факторов риска для назначения планового вспомогательно-го искусственного кровообращения

Показатели		Отношения шансов (95% ДИ)	Уровень значимости, <i>p</i>
Хронические заболевания лёгких	Нет	1 (reference)	-
	Легкие	0,38 (0,17; 0,82)	0,016
	Средней тяжести	0,83 (0,81; 0,86)	0,021
	Тяжелые	0,26 (0,14; 0,33)	0,001
Гипертоническая болезнь	Нет	1 (reference)	-
	Кризисное течение	0,82 (0,79; 0,85)	0,011
	Есть	0,67 (0,48; 0,92)	0,027
Язвенная болезнь	Нет	1 (reference)	-
	В прошлом	0,56 (0,31; 0,99)	0,033
	Нестойкая ремиссия	2,56 (0,47; 0,89)	0,014
	Есть	0,84 (0,81; 0,86)	0,042
Одышка	Нет	1 (reference)	-
	Есть, при нагрузке	0,46 (0,32; 0,65)	0,001
	Есть, в покое	0,59 (0,17; 0,99)	0,002
Хроническая недостаточность кровообращения, степень	Нет	1 (reference)	-
	1	0,05 (0,02; 0,11)	0,001
	2	0,06 (0,04; 0,10)	0,001
	2А	0,08 (0,05; 0,12)	0,001
	2Б	0,05 (0,01; 0,41)	0,001
Функциональная классификация хронической сердечной недостаточности по NYHA	Нет	1 (reference)	-
	I	24,00 (7,93; 72,66)	0,001
	II	12,81 (9,61; 17,07)	0,001
	III	10,64 (7,89; 14,35)	0,001
	IV	10,50 (2,81; 39,24)	0,001
Стенокардия	Нет	1 (reference)	-
	Напряжения	0,07 (0,05; 0,11)	0,001
	Напряжения и покоя	0,06 (0,03; 0,12)	0,001
	Покоя	0,11 (0,01; 0,95)	0,017
Характер стенокардии	Нет	1 (reference)	-
	Стабильная	0,04 (0,02; 0,11)	0,001
	Нестабильная	0,07 (0,05; 0,11)	0,001
Функциональный класс	I	1 (reference)	-
	II	8,50 (5,20; 13,90)	0,001
	III	11,10 (9,02; 13,80)	0,001
	IV	11,00 (5,43; 22,29)	0,001
Инфаркт миокарда в анамнезе	Нет	1 (reference)	-
	Да	0,28 (0,19; 0,40)	0,001
Характер инфаркта миокарда	Нет	1 (reference)	-
	Мелкоочаговый	0,19 (0,10; 0,36)	0,001
	Крупноочаговый	0,33 (0,22; 0,49)	0,003
	Интрамуральный	0,71 (0,08; 6,42)	0,341
	Трансмуральный	0,30 (0,18; 0,52)	0,017
Время после инфаркта миокарда, мес.		0,42 (0,21; 0,78)	0,001
Приём антиагрегантов	Нет	1 (reference)	-
	Да	0,63 (0,44; 0,90)	0,034
Кардиосклероз	Нет	1 (reference)	-
	Да	0,41 (0,29; 0,60)	0,001
Гипертрофия левого желудочка	Нет	1 (reference)	-
	Асимметричная	0,23 (0,16; 0,32)	0,048
	Симметричная	0,47 (0,17; 1,28)	0,003
Митральная недостаточность	Нет	1 (reference)	-
	Минимальная	0,39 (0,27; 0,56)	0,001
	Умеренная	0,33 (0,12; 0,93)	0,027
	Выраженная	0,79 (0,76; 0,82)	0,018
Гипокинезия	Нет	1 (reference)	-
	Да	0,56 (0,36; 0,87)	0,001
Тип коронарного кровообращения	Правое	1 (reference)	-
	Смешанное	0,50 (0,20; 1,30)	0,041
	Левое	0,35 (0,23; 0,53)	0,004

Примечание: reference — опорная категория.

Таблица 2. Структура факторов риска для назначения экстренного вспомогательного искусственного кровообращения

Показатели		Отношения шансов (95% ДИ)	Уровень значимости, <i>p</i>
Пол	Мужской	1 (reference)	-
	Женский	0,56 (0,29; 0,10)	0,018
Язвенная болезнь	Нет	1 (reference)	-
	В прошлом	0,99 (0,53; 1,88)	0,512
	Нестойкая ремиссия	0,91 (0,90; 0,93)	0,043
	Да	0,91 (0,89; 0,92)	0,041
Одышка	Нет	1 (reference)	-
	Есть, при нагрузке	0,40 (0,24; 0,66)	0,001
	Есть, в покое	0,75 (0,17; 3,27)	0,412
Хроническая недостаточность кровообращения, степень	Нет	1 (reference)	-
	1	0,04 (0,01; 0,15)	0,001
	2	0,07 (0,04; 0,12)	0,001
	2А	0,06 (0,03; 0,11)	0,001
	2Б	0,09 (0,01; 0,80)	0,001
Функциональная классификация хронической сердечной недостаточности по NYHA	Нет	1 (reference)	-
	I	35,5 (9,06; 139,18)	0,001
	II	20,53 (14,11; 29,88)	0,001
	III	21,89 (13,94; 34,37)	0,001
	IV	20,00 (2,96; 135,11)	0,001
Стенокардия	Нет	1 (reference)	-
	напряжения	0,06 (0,03; 0,09)	0,001
	напряжения и покоя	0,07 (0,03; 0,16)	0,001
	покоя	0,54 (0,45; 0,65)	0,018
Характер стенокардии	Нет	1 (reference)	-
	стабильная	0,05 (0,02; 0,18)	0,001
	нестабильная	0,08 (0,05; 0,13)	0,001
Функциональный класс	I	1 (reference)	-
	II	11,50 (6,36; 20,79)	0,001
	III	23,60 (17,07; 32,63)	0,001
	IV	18,50 (7,13; 47,99)	0,001
Инфаркт миокарда в анамнезе	Нет	1 (reference)	-
	Да	0,24 (0,15; 0,40)	0,001
Характер инфаркта миокарда	Нет	1 (reference)	-
	Мелкоочаговый	0,27 (0,13; 0,58)	0,001
	Крупноочаговый	0,20 (0,11; 0,38)	0,015
	Интрамуральный	0,85 (0,81; 0,88)	0,042
	Трансмуральный	0,45 (0,24; 0,85)	0,035
Приём статинов	Нет	1 (reference)	-
	Да	1,87 (1,17; 3,01)	0,003
Кардиосклероз	Нет	1 (reference)	-
	Да	0,40 (0,24; 0,66)	0,001
Гипертрофия левого желудочка	Нет	1 (reference)	-
	Асимметричная	0,18 (0,12; 0,29)	0,001
	Симметричная	0,78 (0,73; 0,84)	0,001
Митральная недостаточность	Нет	1 (reference)	-
	Минимальная	0,28 (0,17; 0,48)	0,002
	Умеренная	0,30 (0,07; 1,27)	0,069
	Выраженная	0,87 (0,84; 0,90)	0,045
Гипокинезия	Нет	1 (reference)	-
	Да	0,58 (0,32; 0,94)	0,029
Тип коронарного кровообращения	Нет	1 (reference)	-
	Смешанное	0,41 (0,10; 1,74)	0,126
	Левое	0,43 (0,25; 0,75)	0,034

Примечание: reference — опорная категория.

бного процесса, а отнюдь не является благоприятным для исхода операции.

Результат моделирования определения вероятности назначения планового вспомогательного искусственного кровообращения методом *принудительного включения всех значимых факторов риска* имеет вид:

$$\begin{aligned}
 y = & -x_1 \cdot 0,024 - x_2 \cdot 0,767 - x_3 \cdot 0,272 - x_4 \cdot 0,955 - x_5 \cdot 0,292 + \\
 & + x_6 \cdot 0,174 + x_7 \cdot 1,196 - x_8 \cdot 0,320 - x_9 \cdot 0,484 + x_{10} \cdot 0,793 - \\
 & - x_{11} \cdot 0,188 + x_{12} \cdot 0,071 - x_{13} \cdot 0,080 - x_{14} \cdot 0,236 - x_{15} \cdot 0,512 - \\
 & - x_{16} \cdot 0,865 - x_{17} \cdot 0,059 - x_{18} \cdot 0,580 - x_{19} \cdot 0,310 - x_{20} \cdot 0,522 + 0,313,
 \end{aligned} \tag{3}$$

где: x_1 — рост, x_2 — болезни лёгких, x_3 — гипертоническая болезнь, x_4 — язвенная болезнь, x_5 — одышка, x_6 — хроническая недостаточность кровообращения, x_7 — функциональная классификация хронической сердечной недостаточности по NYHA, x_8 — стенокардия, x_9 — характер стенокардии, x_{10} — функциональный класс, x_{11} — количество инфарктов миокарда, x_{12} — характер инфаркта миокарда, x_{13} — время после инфаркта миокарда, x_{14} — приём антиагрегантов, x_{15} — наличие кардиосклероза, x_{16} — гипертрофия левого желудочка, x_{17} — сократимость, x_{18} — митральная недостаточность, x_{19} — гипокинезия, x_{20} — тип коронарного кровообращения.

Принудительное включение всех факторов риска позволило построить модель (3), которая обеспечила общую точность 87,4 % на обучающей (920 наблюдений) и 85 % на независимой экзаменационной выборке (230 наблюдений).

Эффективность логистической модели (3) для оценки риска назначения планового вспомогательного искусственного кровообращения оказалась более высокой по сравнению с аналогичными моделями, построенными методом бинарной логистической регрессии при пошаговом включении всех признаков и пошаговом включении отобранных факторов риска, которые обеспечили соответственно точности 82,1 % и 81,4 %.

Построена также логистическая модель для определения вероятности экстренного применения вспомогательного искусственного кровообращения, полученная методом *принудительного включения всех значимых факторов риска*, имеет вид:

$$\begin{aligned}
 y = & -x_1 \cdot 0,093 - x_2 \cdot 0,603 + x_3 \cdot 0,831 + x_4 \cdot 0,581 - x_5 \cdot 0,435 - \\
 & - x_6 \cdot 0,311 + x_7 \cdot 0,901 - x_8 \cdot 0,308 + x_9 \cdot 0,298 - \\
 & - x_{10} \cdot 0,222 + x_{11} \cdot 0,539 - x_{12} \cdot 0,253 - x_{13} \cdot 1,384 - \\
 & - x_{14} \cdot 0,775 - x_{15} \cdot 0,555 - x_{16} \cdot 0,047 - x_{17} \cdot 0,439 - 4,377,
 \end{aligned} \tag{4}$$

где: x_1 — пол, x_2 — одышка, x_3 — хроническая недостаточность кровообращения, x_4 — функциональная классификация хронической сердечной недостаточности по NYHA, x_5 — стенокардия, x_6 — характер стенокардии, x_7 — функциональный класс, x_8 — количество инфарктов миокарда,

x_9 — характер инфаркта миокарда, x_{10} — время после инфаркта миокарда, x_{11} — приём статинов, x_{12} — наличие кардиосклероза, x_{13} — гипертрофия левого желудочка, x_{14} — сократимость, x_{15} — митральная недостаточность, x_{16} — гипокинезия, x_{17} — тип коронарного кровообращения.

Построенная модель оказалась также более эффективной по сравнению с аналогичными моделями, полученными методом бинарной логистической регрессии при пошаговом включении всех признаков и пошаговом включении отобранных факторов риска. Модель (4) обеспечила общую точность 83,7 % на обучающей (850 наблюдений) и 77,1 % на независимой экзаменационной выборке (212 наблюдений). Аналогичные модели, построенные методом бинарной логистической регрессии при пошаговом включении всех признаков и пошаговом включении отобранных факторов риска, обеспечили соответственно точности 73,9 % и 72,8 %.

Таким образом, одновременное использование построенных прогностических моделей (3), (4) могут быть использованы для построения системы поддержки принятия решений относительно применения вспомогательного ИК при АКШ на работающем сердце, что позволит существенно снизить влияние субъективных факторов и учитывать большое количество показателей больного, которые врач должен принимать во внимание при выборе тактики оперативного вмешательства.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования позволили оценить факторы риска применения вспомогательного искусственного кровообращения при плановых операциях АКШ на работающем сердце.

Построены прогностические модели (3), (4), которые связывают вероятности риска применения вспомогательного искусственного кровообращения (планового и экстренного) с выделенными факторами риска. Модели продемонстрировали высокие показатели эффективности при их проверке на независимых экзаменационных выборках (точность 85 % на 230 наблюдениях при оценке планового искусственного кровообращения и 77,1 % на 212 наблюдениях при экстренном).

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при построении системы поддержки принятия решений, которая позволит уменьшить влияние субъективных факторов при назначении вспомогательного искусственного кровообращения во время плановых операций аортокоронарного шунтирования на работающем сердце.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михеев А.А. Ключев В.М., Карпун Н.А. Операции на коронарных артериях на работающем сердце без искусственного кровообращения у больных ИБС. М.: Медицина, 2001. 43 с.
2. Allen B. S., Rosenkranz E.R., Buckberg G.D. Studies of controlled reperfusion after ischemia. VII. High oxygen requirements of dyskinetic cardiac muscle. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 1986. №92. P. 543–552.
3. Mo A., Lin H., Wen Z. Efficacy and safety of on-pump beating heart surgery. *Ann Tho-*

- rac Surg.* 2008. № 86. P. 1914–1918.
4. Puskas J. Presidential Address, 2009: ISMICS Means Innovation. *Innovations: Technology & Techniques in Cardiothoracic & Vascular Surgery*. 2009. №4. P. 240–247.
 5. Шабалкин Б.В., Жбанов И.В. Малоинвазивная реваскуляризация миокарда или аортокоронарное шунтирование без искусственного кровообращения? *Бюллетень НЦССХ им. Бакулева РАМН. V Всероссийский съезд сердечно-сосудистых хирургов.* Новосибирск, 1999. 152 с.
 6. Beauford R.B., Goldstein D.J., Sardari F.F. Multivessel off-pump revascularization in octogenarians: early and midterm outcomes. *Ann. Thorac. Surg.* 2003. Vol. 76. P. 12–17.
 7. Stamou S., Bail A., Boyce S. Coronary revascularization of the circumflex. *Ann. Thorac. Surg.* 2000. Vol. 70. P. 1371–1377.
 8. Witten Ian H., Frank Eibe, Hall Mark A. *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques.* [3rd Ed.]. Morgan Kaufmann, 2011. P. 664.
 9. McHugh M. L. The odds ratio: calculation, usage, and interpretation. *Biochemia Medica.* 2009. №19(2). P. 120–126.
 10. Sperandei S. Understanding logistic regression analysis. *Biochemia Medica.* 2014. 24(1). P. 12–18.

Получено 03.04.2017

REFERENCES

1. Mykheev A.A., Klyuzhev V.M., Karpun N.A. Surgery on coronary arteries on a working heart without artificial circulation in IHD patients. M.: Medicine, 2001. 43 p. (in Russian).
2. Allen B. S., Rosenkranz E.R., Buckberg G.D. Studies of controlled reperfusion after ischemia. VII. High oxygen requirements of dyskinetic cardiac muscle. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery.* 1986. №92. P. 543–552.
3. Mo A., Lin H., Wen Z. Efficacy and safety of on-pump beating heart surgery. *Ann Thorac Surg.* 2008. № 86. P. 1914–1918.
4. Puskas J. Presidential Address, 2009: ISMICS Means Innovation. *Innovations: Technology & Techniques in Cardiothoracic & Vascular Surgery*. 2009. № 4. P. 240–247.
5. Shabalkyn B.V., Zhanov Y.V. Minimally invasive myocardial revascularization or aortocoronary bypass without artificial circulation? *Bulletin of the Center Bakulev RAMS. V All-Russian Congress of Cardiovascular Surgeons.* Novosibirsk, 1999. 152 p. (in Russian).
6. Beauford R.B., Goldstein D.J., Sardari F.F. Multivessel off-pump revascularization in octogenarians: early and midterm outcomes. *Ann. Thorac. Surg.* 2003. Vol. 76. P. 12–17.
7. Stamou S., Bail A., Boyce S. Coronary revascularization of the circumflex. *Ann. Thorac. Surg.* 2000. Vol. 70. P. 1371–1377.
8. Witten Ian H., Frank Eibe, Hall Mark A. *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques.* [3rd Ed.]. Morgan Kaufmann, 2011. P. 664.
9. McHugh M. L. The odds ratio: calculation, usage, and interpretation. *Biochemia Medica.* 2009. №19 (2). P. 120–126.
10. Sperandei S. Understanding logistic regression analysis. *Biochemia Medica.* 2014. 24(1). P. 12–18.

Recieved 03.04.2017

А.В. Руденко¹, д-р мед. наук, проф., член-корреспондент НАН України,
перший заст. директора
e-mail: info@rudenkoav.com.ua

Є.А. Настенко^{1,2}, д-р біол. наук, канд. техн. наук, старш. наук. співроб.,
зав. відд. інформаційних технологій та математичного моделювання
фізіологічних процесів, зав. кафедрою біомедичної кібернетики
e-mail: nastenko@inbox.ru

О.О. Журба¹, кардіохірург
відділення хірургічного лікування ішемічної хвороби серця
e-mail: olegzhurba2009@yandex.ua

О.К. Носовець², канд. техн. наук, старш. викладач кафедри біомедичної кібернетики
e-mail: e.nosovets@yandex.ua

Ю.В. Шардукова¹, наук. співроб. відд. інформаційних технологій
та математичного моделювання фізіологічних процесів
e-mail: julie_sea@mail.ru

В.В. Лазоршинець¹, д-р мед. наук, проф., директор
e-mail: lazorch@ukr.net

¹ ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії ім. М.М. Амосова НАМН України»,
вул. Амосова, 6, м. Київ, 03110, Україна

² ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії ім. М.М. Амосова НАМН України»,
вул. Амосова, 6, м. Київ, 03110, Україна

ОЦІНКА ФАКТОРІВ РИЗИКУ ПРИ ОПЕРАЦІЯХ АОРТОКОРОНАРНОГО ШУНТУВАННЯ НА ПРАЦЮЮЧОМУ СЕРЦІ

Проаналізовано сукупність анамнестичних і клінічних показників у групі з 1240 хворих, яким було виконано аортокоронарне шунтування на працюючому серці. Серед них, 972 хворим проведено втручання без підтримки, 178 з плановою і 90 з екстреною підтримкою штучним кровообігом.

Використано статистичні методи аналізу для виділення факторів ризику серед групи анамнестичних та клінічних показників хворих, які можуть призвести до помилкових рішень щодо планового призначення і екстреного переходу на допоміжний кровообіг. Проведені дослідження дали змогу оцінити фактори ризику застосування допоміжного штучного кровообігу при планових операціях аорто-коронарного шунтування на працюючому серці.

Розроблено прогностичні моделі, які можуть бути використані при створенні системи підтримки прийняття рішень для мінімізації ризику екстреного застосування допоміжного кровообігу. Отримані прогностичні моделі забезпечили загальну точність 85 % та 77,1 % на незалежних експериментальних вибірках при визначенні ймовірності призначення планового та екстреного допоміжного штучного кровообігу відповідно.

Результати наведених досліджень можуть бути застосовані при побудові систем підтримки прийняття рішень, які можуть бути застосовані для зменшення суб'єктивних факторів при проведенні операцій коронарного шунтування на працюючому серці.

Ключові слова: аортокоронарне шунтування на працюючому серці, допоміжний штучний кровообіг, алгоритми прогнозування.

*A.V. Rudenko*¹, Dr (Medicine), Professor, Corresponding Member of NAS of Ukraine,
First deputy of director

e-mail: info@rudenkoav.com.ua

Ie.A. Nastenko^{1,2}, Dr (Biology), PhD (Engineering),

Head of the Department of Information technologies and mathematical modeling
of physiological processes, Head of the Department of Biomedical Cybernetics

e-mail: nastenko@inbox.ru

*O.A. Zhurba*¹, Cardiovascular surgeon

e-mail: olegzhurba2009@yandex.ua

*O.K. Nosovets*², PhD (Engineering),

Senior lecturer of the Department of Biomedical Cybernetics

e-mail: e.nosovets@yandex.ua

*Yu.V. Shardukova*¹, Researcher of the Department of Information technology
and mathematical modeling of physiological processes

e-mail: julie_sea@mail.ru

*V.V. Lasoryshinets*¹, Dr (Medicine), Professor, Director

e-mail: lazorch@ukr.net

¹ National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»,
37, Pobedi st., Kyiv, 03056, Ukraine

² Government Facility “M.M. Amosov National Institute of Cardiovascular Surgery
of National Academy of Medical Sciences of Ukraine”, 6, Amosov st., Kyiv, 03110, Ukraine

EVALUATION OF RISK FACTORS FOR OPERATIONS CORONARY BYPASS SURGERY ON A BEATING HEART

Introduction. The planned beating heart coronary aortic bypass grafting operations (BH CABG) prepares with and without parallel perfusion circulatory support. In second case the necessity of emergent use of circulatory support can appear. In these situations, the frequency of postoperative complications in circulatory system increases.

The decision about the planned use of circulatory support makes with analysis of big number of clinical data. This causes necessity to create the computer decision support systems to minimize the risk of emergent use of parallel perfusion.

The purpose of the article is to analyse statistically the risk factors for BH CABG operations on a working heart with the aim to minimize the risk of circulatory support emergent use.

Clinical material. 972 patients which undergone the BH CABG without circulatory support, 178 patients with planned use of circulatory support and 90 patients with emergent use of circulatory support. The 67 anamnestic and clinical parameters were analyzed. Data were recorded on all stages of surgical treatment.

Methods. Statistical analysis of data with package for statistical processing IBM SPSS Statistics 21.0 was done. Selection of adverse prognostic factors by calculating the odds ratio was made. The selected prognostic factors were considered as risk factors for the appointment of planned and emergent use of circulatory support. Prognostic models using binaly logistic regression were build.

Results and discussion. The association between clinical values in groups without circulatory support, their planned and emergent use as well as their odds ratios and confidence intervals were analyzed. Then BLR algorithm to build the models for estimation of probability of planned and emergent use of circulatory support was used. The strategies of compulsory and stepwise inclusion of parameters were applied. The sensitivity, specificity and accuracy of the models obtained for learning and independent examination samples. The best models were chosen were calculated.

Conclusions. The created predictive models have a high sensitivity, specificity and accuracy, and can reduce the influence of subjective factors on medical decisions making regarding the use of the artificial circulatory support during off-pump coronary artery bypass surgery.

Analysis of the variables included in the model, can contribute to a better understanding of the structure of existing pathogenic factors.

The additional estimation the risk of cardiopulmonary bypass emergent use can reduce the likelihood of such situations occurrence.

Keywords: *the beating heart coronary aortic bypass grafting, circulatory support with cardiopulmonary bypass, predicting algorithms.*